

10/632,331

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2003年 5月20日
Date of Application:

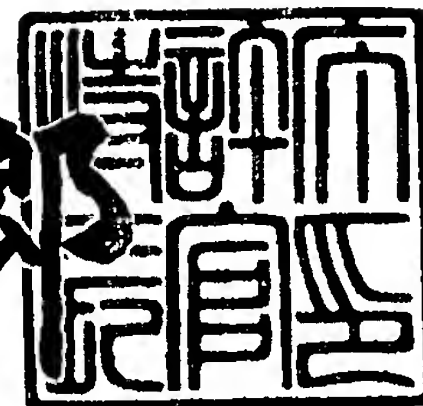
出願番号 特願2003-141617
Application Number:
[JP 2003-141617]

願人 株式会社日立製作所
Applicant(s): 日本オプネクスト株式会社

2003年 7月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出証番号 出証特2003-3056263

【書類名】 特許願
【整理番号】 JP4290
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01S 3/00

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地
株式会社 日立製作所 機械研究所内

【氏名】 守谷 浩志

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地
株式会社 日立製作所 機械研究所内

【氏名】 芦田 喜章

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 2 1 6 番地
日本オプネクスト株式会社内

【氏名】 丹羽 善昭

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】 301005371

【氏名又は名称】 日本オプネクスト株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077816

【弁理士】

【氏名又は名称】 春日 譲

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009209

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子を半田材を介して接合して搭載するサブマウントと、このサブマウントを半田材を介して接合して搭載する台座とを有する半導体レーザモジュールにおいて、

前記半導体レーザ素子の光軸方向に垂直な方向における前記サブマウントの幅を W とし、前記サブマウントの厚さを T とするとき、 $T/W \geq 0.15$ としたことを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 2】

請求項 1 記載の半導体レーザモジュールにおいて、

前記半導体レーザ素子の主構成材料がインジウムリンであり、前記サブマウントを構成する部材が窒化アルミニウムであり、前記台座の主構成材料が銅タンゲステンであることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 3】

半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子を半田材を介して接合して搭載するサブマウントと、このサブマウントを半田材を介して接合して搭載する台座とを有する半導体レーザモジュールにおいて、

前記サブマウントが少なくとも二つの部材の積層構造からなり、

前記サブマウントを構成する第 1 の部材と第 2 の部材は、半田材 A により接合され、

前記サブマウントの上面に前記半導体レーザ素子が半田材 B により接合され、

前記サブマウントの下面に前記台座が半田材 C により接合され、

上記半田材 A, B, C の融点をそれぞれ αA , αB , αC とするとき、 $\alpha A > \alpha B > \alpha C$ としたことを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 4】

請求項 3 記載の半導体レーザモジュールにおいて、

前記半導体レーザ素子の主構成材料がインジウムリンであり、前記台座の主構

成材料が銅タングステンであり、積層構造を有する前記サブマウントを構成する二つの部材の内、半導体レーザ素子側に位置する第 1 の部材が窒化アルミニウムであり、台座側に位置する第 2 の部材が銅タングステンであることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 5】

請求項 3 記載の半導体レーザモジュールにおいて、

前記半田材 A の主構成材料が金ゲルマニウムであり、前記半田材 B の主構成材料が金錫であり、前記半田材 C の主構成材料が錫銀であることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 6】

半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子を半田材を介して接合して搭載するサブマウントと、このサブマウントを半田材を介して接合して搭載する台座とを有する半導体レーザモジュールにおいて、

前記半導体レーザ素子に働く応力を $\pm 20 \text{ MPa}$ 以下としたことを特徴とする半導体レーザモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザモジュールに係り、特に、実装時の素子発生応力を低減するに好適な構造を有する半導体レーザモジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、光通信用半導体レーザモジュールに搭載される半導体レーザ素子は、高出力化および波長の高精度化が要求されている。また、歩留りを向上するために、キンク発生や電流閾値増加等の素子特性劣化を防止する必要がある。これらの要求を満足するためには、半導体レーザ素子をサブマウントや台座に半田接合する際に発生する熱応力を低減する必要がある。

そこで、従来、例えば、特開平 5 - 2 9 9 6 9 9 号公報に記載のように、鉄系

材料の台座上に、半導体レーザ素子と線膨張係数の近い A l N（窒化アルミニウム）を母材とするサブマウントを使用する構成とし、さらに、サブマウントの厚さ寸法を適正化することで応力を低減するものが知られている。

【 0 0 0 3 】

また、例えば、特開 2 0 0 1 - 1 6 8 4 4 5 号公報に記載のように、鉄系材料（もしくは銅系材料）の台座上にマウントする場合に、半導体レーザチップの幅寸法と、半導体レーザチップの厚さ寸法 + サブマウントの厚さ寸法を適正化して、応力を低減するものも知られている。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】

特開平 5 - 2 9 9 6 9 9 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 1 - 1 6 8 4 4 5 号公報

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、本願発明者らが、特開平 5 - 2 9 9 6 9 9 号公報に記載のようにサブマウントの厚さ寸法や、特開 2 0 0 1 - 1 6 8 4 4 5 号公報に記載のように半導体レーザチップの厚さ寸法 + サブマウントの厚さ寸法に着目して研究を進めた結果、サブマウントの厚さだけでは、十分な応力低減が不可能な場合があることが判明した。応力を十分に低減できない場合には、電流閾値変動やキンク等の不良が発生するため、半導体レーザモジュールの製造時の歩留まりが低下するという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、応力を十分に低減でき、歩留まりの向上した半導体レーザモジュールを提供することにある。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

(1) 上記目的を達成するために、本発明は、半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子を半田材を介して接合して搭載するサブマウントと、このサブマウ

ントを半田材を介して接合して搭載する台座とを有する半導体レーザモジュールにおいて、前記半導体レーザ素子の光軸方向に垂直な方向における前記サブマウントの幅を W とし、前記サブマウントの厚さを T とするとき、 $T/W \geq 0.15$ としたものである。

かかる構成によれば、応力を十分に低減でき、歩留まりを向上し得るものとなる。

【0008】

(2) 上記(1)において、好ましくは、前記半導体レーザ素子の主構成材料がインジウムリンであり、前記サブマウントを構成する部材が窒化アルミニウムであり、前記台座の主構成材料が銅タングステンとしたものである。

【0009】

(3) 上記目的を達成するために、本発明は、半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子を半田材を介して接合して搭載するサブマウントと、このサブマウントを半田材を介して接合して搭載する台座とを有する半導体レーザモジュールにおいて、前記サブマウントが少なくとも二つの部材の積層構造からなり、前記サブマウントを構成する第1の部材と第2の部材は、半田材Aにより接合され、前記サブマウントの上面に前記半導体レーザ素子が半田材Bにより接合され、前記サブマウントの下面に前記台座が半田材Cにより接合され、上記半田材A、B、Cの融点をそれぞれ αA 、 αB 、 αC とするとき、 $\alpha A > \alpha B > \alpha C$ としたものである。

かかる構成によれば、応力を十分に低減でき、歩留まりを向上し得るものとなる。

【0010】

(4) 上記(3)において、好ましくは、前記半導体レーザ素子の主構成材料がインジウムリンであり、前記台座の主構成材料が銅タングステンであり、積層構造を有する前記サブマウントを構成する二つの部材の内、半導体レーザ素子側に位置する第1の部材が窒化アルミニウムであり、台座側に位置する第2の部材が銅タングステンとしたものである。

【0011】

(5) 上記(3)において、好ましくは、前記半田材Aの主構成材料が金ゲルマニウムであり、前記半田材Bの主構成材料が金錫であり、前記半田材Cの主構成材料が錫銀としたものである。

【0012】

(6) 上記目的を達成するために、本発明は、半導体レーザ素子と、この半導体レーザ素子を半田材を介して接合して搭載するサブマウントと、このサブマウントを半田材を介して接合して搭載する台座とを有する半導体レーザモジュールにおいて、前記半導体レーザ素子に働く応力を $\pm 20 \text{ MPa}$ 以下としたものである。

かかる構成によれば、応力を十分に低減でき、歩留まりを向上し得るものとなる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、図1～図8を用いて、本発明の第1の実施形態による半導体レーザモジュールの構造について説明する。

最初に、図1を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールの構造について説明する。

図1は、本発明の第1の実施形態による半導体レーザモジュールの構造を示す要部上面図である。

【0014】

半導体レーザモジュール100は、例えば、箱状のパッケージ本体101と蓋体102とで構成されるパッケージ103を有する。また、半導体レーザモジュール100は、パッケージ103の内外に亘って延在する光ケーブル（光ファイバー）104を有する。光ケーブル104は、パッケージ本体101に貫通状態に設けられたガイドパイプ106に挿入されるとともに、図示しない接合材で固定されている。

【0015】

パッケージ本体101の底部の中央上面には、サブマウント2および台座4を介して、半導体レーザ素子1が搭載されている。半導体レーザ素子1の搭載状態

の詳細については、図 2 を用いて後述する。光ケーブル 1 0 4 の先端部分は、アイソレータ 1 0 7 に光学的に接続されている。このアイソレータ 1 0 7 と半導体レーザ素子 1 の出射面との間には、レンズ 6 が配置されている。

【 0 0 1 6 】

パッケージ本体 1 0 1 の両側面には、複数の電極端子 1 0 5 が配列されて電極端子付きパッケージとなっている。これらの電極端子 1 0 5 は、パッケージ本体 1 0 1 の内外に亘って延在している。

【 0 0 1 7 】

また、半導体レーザ素子 1 は、電極パッド 1 0 8, 1 0 9 を経由して、ワイヤ 1 1 0 により電極端子 1 0 5 に電氣的に接続されている。

【 0 0 1 8 】

また、パッケージ本体 1 0 1 の底部の上面には、サブマウント 1 1 1 を介して受光素子 1 1 2 が固定されている。受光素子 1 1 2 の電極およびサブマウント 1 1 1 は、ワイヤ 1 1 3 を介して電極端子 1 0 5 に電氣的に接続されている。

【 0 0 1 9 】

次に、図 2 を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 のサブマウント 2 及び台座 4 への搭載状態について説明する。

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 のサブマウント 2 及び台座 4 への搭載状態を示す斜視図である。

【 0 0 2 0 】

半導体レーザ素子 1 は、半田材 3 を介してサブマウント 2 に接合されている。また、サブマウント 2 は、半田材 5 を介して台座 4 に接合されている。また、半導体レーザ素子 1 の光軸 7 の方向には、レンズ 6 が半田材（図示せず）を介してサブマウント 2 に接合されている。なお、レンズ 6 の接合箇所は、サブマウント 2 に限らず、これ以外に台座などであってもよいものである。

【 0 0 2 1 】

ここで、サブマウント 2 の厚さ T は、レーザ素子 1 が搭載されている位置におけるサブマウントの厚さを示している。また、サブマウント 2 の幅 W は、レーザ素子 1 が搭載されている位置における光軸 7 に直角な方向のサブマウント 2 の幅

を示している。

【 0 0 2 2 】

半導体レーザモジュールの製造においては、レーザ素子の特性（電流閾値、微分効率、キंक発生の有無等）の検査が、レーザ素子組立て工程後およびモジュール組立て工程後で行われる。レーザ素子組立て工程とは、半導体レーザ素子をサブマウントおよび検査用台座に搭載する工程である。また、モジュール組立て工程とは、半導体レーザ素子が搭載されたサブマウントを検査用台座から取り外し、製品用台座および光ケーブル、アイソレータ、レンズ等の光部品を有するパッケージ本体に搭載する工程である。

【 0 0 2 3 】

そして、検査用台座としては、例えば、熱伝導率の大きく安価な銅（Cu）が用いられ、製品用台座としては、銅よりは熱伝導率は小さいが、線膨張係数が銅より小さい銅タングステン（CuW）が用いられる。検査用台座と製品用台座とは、本来は同じ材質のものをを用いた方がレーザ素子の特性を検査する上では好ましいものである。しかしながら、検査用台座は数回使用すると廃棄するしかないため、高価な銅タングステンを使用することができない。そこで、検査用台座としては銅を用い、製品用台座としては、銅よりも線膨張係数が小さく、サブマウントやレーザ素子の線膨張係数により近い線膨張係数を有する高価な銅タングステンを使用している。以上のように、検査用台座と製品用台座の材質が異なるため、例えば、検査用台座を用いたレーザ素子組立工程後の検査では良品と判断されても、その後の製品用台座を用いたモジュール組立工程後の検査では不良と判断される場合もある。

【 0 0 2 4 】

次に、図 3 及び図 4 を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力について説明する。

図 3 及び図 4 は、本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の説明図である。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、半導体レーザ素子 1 の光活性層（図示せず）に働く応力とサブマウン

ト厚 T との関係を示している。図 3 の縦軸は、半導体レーザ素子 1 の光活性層に働くレーザ素子応力 (MPa) を示している。ここで、負の応力値は圧縮応力を、正の応力値は引張応力を示している。また、図 3 の横軸は、サブマウント 2 の厚さ T (μm) を示している。すなわち、図 3 は、レーザ素子応力のサブマウント厚さ T に対する依存性を示している。

【0026】

図 3 において、レーザ素子応力とは、図 2 に示したように、レーザ素子 1、サブマウント 2 および台座 4 を半田 3, 5 により接合した際に発生する熱応力を示し、室温での値である。また、図 3 に示した結果は、有限要素法 (FEM: Finite Element Method) 解析より得られた計算結果である。ここで、半導体レーザ素子 1 はインジウムリン (InP) からなる。半導体レーザ素子 1 の光軸 7 の方向の長さが $200\mu\text{m}$ であり、光軸 7 に直交する方向の幅が $400\mu\text{m}$ であり、厚さが $100\mu\text{m}$ の場合である。また、台座 4 の材質は、検査用台座として用いられる銅 (Cu) であり、サブマウント 2 の材質は窒化アルミニウム (AlN) である。さらに、半田材 3 として金錫 (AuSn) を用い、半田材 5 として錫鉛 (PbSn) を用いている。

【0027】

そして、図 3 は、サブマウント厚さ T に対するレーザ素子応力の変化を求めた結果を示している。このとき、本例では、サブマウント幅 W が $2800\mu\text{m}$ の場合 (実線 A1) と、 $4800\mu\text{m}$ の場合 (実線 A2) について、サブマウント厚さ T に対するレーザ素子応力の変化を求めている。

【0028】

図 3 に示すように、サブマウント 2 の厚さ T により半導体レーザ素子 1 に働く応力が変化する。特に、サブマウント厚さ T が薄い場合には圧縮応力が、厚い場合には引張応力が半導体レーザ素子 1 に働くことがわかる。また、半導体レーザ素子 1 に働く応力は、サブマウント 2 の幅 W にも依存することもわかる。したがって、サブマウント 2 の厚さ T を規定するだけでは、必ずしも十分に応力を低減できない場合があることになる。

【0029】

キंक等の素子不良を防止するためには、レーザ素子に働く応力を小さくする必要がある。図 3 より、サブマウント幅 W が $2800\ \mu\text{m}$ の場合は、厚さ T を約 $700\ \mu\text{m}$ とすることで、応力をほぼゼロにすることができることがわかる。また、サブマウント幅 W が $4800\ \mu\text{m}$ の場合は、厚さ T を $1000\ \mu\text{m}$ とすることで、応力をほぼゼロにすることができる。

【0030】

また、図 4 は、半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力と、サブマウント厚 T / 幅 W との関係を示す図である。図 4 の横軸は、サブマウント厚 T / 幅 W を示している。

【0031】

図 4 は、図 3 に示した応力値を、サブマウント厚 T / 幅 W で整理し直した結果である。実線 B 1 が幅 T が $2800\ \mu\text{m}$ の場合であり、実線 B 2 が幅 T が $4800\ \mu\text{m}$ の場合である。これより、素子応力と T/W との関係がサブマウント幅 W によらない関係になっていることがわかる。すなわち、図 4 より、サブマウント厚さ T / サブマウント幅 W を 0.22 とすることで、サブマウントの幅によらず素子応力をほぼゼロにすることができることがわかる。

【0032】

ここで、図 5 を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールにおける応力と不良率との関係について説明する。

図 5 は、本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける応力と不良率との関係の説明図である。

【0033】

図 5 は、図 3 と同様に、半導体レーザ素子 1 はインジウムリン (InP) からなり、半導体レーザ素子 1 の長さが $200\ \mu\text{m}$ であり、幅が $400\ \mu\text{m}$ であり、厚さが $100\ \mu\text{m}$ のものを用いて、台座 4 の材質は、銅 (Cu) として、サブマウント 2 の材質は窒化アルミニウム (AlN) とし、さらに、半田材 3 として金錫 (AuSn) を用い、半田材 5 として錫鉛 (PbSn) を用いて、半導体レーザ素子 1 をサブマウント及び台座に搭載して、不良率を求めている。このとき、サブマウント 2 の幅 W は $4800\ \mu\text{m}$ として、サブマウント 2 の厚さ T を変えたサンプルを複数

製造し、それぞれのサンプルについて図 3 の解析結果に基づき応力を求め、その応力と不良率の関係を求めたものである。ここで、横軸の応力は、引張り応力及び圧縮応力の両方を含むものである。但し、図 3 から理解されるように、引張り応力は + 2 0 M P a 程度までしか発生しないため、横軸の 2 0 M P a 以上の不良率のデータは、圧縮応力に対するものである。しかしながら、2 0 M P a 以下の領域においては、圧縮応力の場合も、引張り応力の場合も同様の不良率を示しているため、2 0 M P a 以上の領域における引張り応力に対する不良率も同様の傾向を示すものと考えられる。

【 0 0 3 4 】

図 5 から理解されるように、応力が 2 0 M P a 以下の領域では、応力の増加とともに、不良率は変化しない。一方、応力が 2 0 M P a 以上になると、急激に不良率が増加する。この原因としては、半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力が 2 0 M P a 以上になると、光活性層内部の挙動が急激に変化するものと考えられる。

【 0 0 3 5 】

以上の結果、高出力化、波長高精度化に対応した半導体レーザ素子としては、レーザ素子に働く応力を - 2 0 M P a 以上 + 2 0 M P a 以下とすることで、キンク等の不良が低減できるものである。

【 0 0 3 6 】

以上の図 5 の結果に基づいて、図 3 の結果を評価すると、サブマウント幅 W が 2 8 0 0 μ m の場合は $T \geq 4 0 0 \mu$ m とすることにより、応力を $\pm 2 0$ M P a とすることができ、結果として不良率を低減でき、歩留まりを向上できる。また、サブマウント幅 W が 4 8 0 0 μ m の場合は $T \geq 7 0 0 \mu$ m とすることにより、応力を $\pm 2 0$ M P a とすることができ、結果として不良率を低減でき、歩留まりを向上できる。なお、サブマウント厚 T が厚すぎると熱抵抗の増加に繋がるため、厚さ T の上限値は 1 5 0 0 μ m 以下が望ましいものである。

【 0 0 3 7 】

また、図 5 の結果に基づいて、図 4 の結果を評価すると、高出力化、波長高精度化に対応した半導体レーザ素子としては、レーザ素子に働く応力を - 2 0 M P

a 以上 + 2 0 M P a 以下とするには、

$$T/W \geq 0.15$$

とすることにより、応力を ± 2 0 M P a とすることができ、結果として不良率を低減でき、キंक等の不良が防止でき、歩留まりを向上できる。また、上述したように、サブマウント厚 T が厚すぎると熱抵抗の増加に繋がるため、厚さ T の上限値は 1 5 0 0 μ m 以下が望ましいものである。

【 0 0 3 8 】

次に、図 6 ～ 図 8 を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の台座の材質の相違について説明する。

図 6 ～ 図 8 は、本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の台座の材質による相違の説明図である。

【 0 0 3 9 】

図 6 は、半導体レーザ素子 1 の光活性層（図示せず）に働く応力とサブマウント厚 T との関係を示している。図 6 の縦軸は、半導体レーザ素子 1 の光活性層に働くレーザ素子応力（M P a）を示しており、負の応力値は圧縮応力を、正の応力値は引張応力を示している。また、図 6 の横軸は、サブマウント 2 の厚さ T（μ m）を示している。すなわち、図 6 は、レーザ素子応力のサブマウント厚さ T に対する依存性を示している。

【 0 0 4 0 】

図 6 は、台座の材質を製品用台座として用いる C u W とした場合の、半導体レーザ素子 1 の光活性層（図示せず）に働く応力とサブマウント厚 T との関係を示している。図 3 に示した条件とは、台座の材質のみが異なっている。図 6 では、図 3 と同様にサブマウント幅 W が、2 8 0 0 μ m と 4 8 0 0 μ m の場合について示している。

【 0 0 4 1 】

図 6 より、サブマウント幅 W が 2 8 0 0 μ m の場合（実線 C 1）は、厚さ T を 8 0 0 μ m とすることで、応力をほぼゼロにすることができることがわかる。ま

た、サブマウント幅 W が $4\,800\,\mu\text{m}$ の場合（実線C2）は、厚さ T を $1\,400\,\mu\text{m}$ とすることで、応力をほぼゼロにすることができる。また、キंक等の不良を防止するためにレーザ素子に働く応力を -20MPa 以上 20MPa 以下するには、サブマウント幅 W が $2\,800\,\mu\text{m}$ の場合は $T \geq 2\,500\,\mu\text{m}$ とし、サブマウント幅 W が $4\,800\,\mu\text{m}$ の場合は $T \geq 4\,000\,\mu\text{m}$ とすれば良いものである。ただし、サブマウント厚 T が厚すぎると熱抵抗の増加に繋がるため、厚さの上限値としては $1\,500\text{m}$ 以下が望ましいものである。

【0042】

図7は、半導体レーザ素子1の光活性層に働く応力と、サブマウント厚 T ／幅 W との関係を示す図である。図7の横軸は、サブマウント厚 T ／幅 W を示している。図7は、図6に示した応力値を、サブマウント厚 T ／幅 W で整理し直した結果である。これより、素子応力と T ／ W との関係がサブマウント幅 W によらない関係になっていることがわかる。すなわち、図7より、サブマウント厚さ T ／サブマウント幅 W を 0.3 とすることで、サブマウントの幅によらず素子応力をほぼゼロにすることができることがわかる。

【0043】

図7から理解されるように、高出力化、波長高精度化に対応した半導体レーザ素子としては、レーザ素子に働く応力を -20MPa 以上 $+20\text{MPa}$ 以下とするには、 $T/W \geq 0.1$ とし、これにより、結果として不良率を低減でき、歩留まりを向上できる。なお、サブマウント厚 T が厚すぎると熱抵抗の増加に繋がるため、望ましくは、厚さ T の上限値は $1\,500\text{m}$ 以下が望ましいものである。

【0044】

図8は、図4と図7の結果を一つのグラフにまとめた結果を示す図である。すなわち、図7は、台座の材質をCuとした場合、およびCuWとした場合の半導体レーザ素子1の光活性層に働く応力とサブマウント厚 T ／幅 W との関係を示す図である。

【0045】

前述したように、検査用台座としては熱伝導率の大きく安価な銅を用い、製品用台座としては銅よりは熱伝導率は小さいが、線膨張係数が銅より小さい銅タン

グステンを用いた場合のように台座の材質が異なる場合、キンク発生等の不良を防止には、台座の材質が変わった場合でも、素子に発生する応力が小さくなるようにサブマウント厚さと幅を適正化すれば良いものである。

【0 0 4 6】

図 8 から理解されるように、台座として銅タングステンを用いた場合の方が、台座として銅を用いた場合よりも、応力が小さくなる。したがって、図 8 から、高出力化、波長高精度化に対応した半導体レーザ素子として、レーザ素子に働く応力を -20 MPa 以上 $+20\text{ MPa}$ 以下とするには、銅台座の場合のデータより、 $T/W \geq 0.15$ とすれば良いものである。ただし、図 3 の説明で述べたように、サブマウント厚 T が厚すぎると熱抵抗の増加に繋がるため、厚さの上限値としては 1500 m 以下が望ましい。

【0 0 4 7】

また、発明者らの研究によれば、半導体レーザ素子から出射されるレーザ光の波長は、素子応力に依存することがわかった。すなわち、同じ素子であっても検査時の素子応力によって、素子から出射される波長が異なる場合があることがわかった。素子工程後の検査とモジュール工程後の検査で素子応力が異なることは、モジュール工程後の検査で良品と判定されるはずの素子が、素子工程後の検査で不良と判定される場合があることを示し、歩留まり低下につながる。歩留まり低下を防止するためには、検査ごとに検査用台座と製品用台座の材質が異なる場合においても、素子応力が台座の材質に依らないようにすればよいものである。そこで、台座の材質差による波長変動の影響について調べた結果、第 1 の台座（例えば、銅）を用いた時のレーザ素子応力と、第 2 の台座（例えば、銅タングステン）を用いた時のレーザ素子応力の差（素子応力差）が、少なくとも $\pm 15\text{ MPa}$ であれば良いことが判明した。この観点からすると、図 8 より、 $0.1 \leq T/W$ とすれば、検査時の素子の応力差は、台座の材質が変わっても $\pm 15\text{ MPa}$ に抑えることができる。

【0 0 4 8】

一方、前述したように、キンク等の不良を防止するためには、素子応力を $\pm 20\text{ MPa}$ 以下にするには、 $T/W \geq 0.15$ とするのが良いものである。したが

って、 $T/W \geq 0.15$ とすれば、このときには、台座の相違による波長変動の影響も受けなくなるものである。

【0049】

以上説明したように、本実施形態によれば、実装時の素子応力を低減することで、電流閾値変動やキンク等の不良を防止し、半導体レーザ素子及び半導体レーザモジュールの歩留まりを向上することができる。

【0050】

次に、図9～図12を用いて、本発明の第2の実施形態による半導体レーザモジュールの構造について説明する。

最初に、図9を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールの構造について説明する。

図9は、本発明の第2の実施形態による半導体レーザモジュールの構造を示す斜視図である。なお、本実施形態による半導体レーザモジュールの全体構造は、図1に示したものと同様である。また、図2と同一符号は同一部分を示している。

【0051】

半導体レーザ素子1は、例えば、InP基板（幅 $400\mu\text{m}$ ×長さ $200\mu\text{m}$ ×厚さ $100\mu\text{m}$ ）に、光活性層、絶縁膜、電極等が形成されている。また、半導体レーザ素子1を搭載するサブマウント2は、半導体レーザ素子1の側のサブマウント上層部材2aと、台座4の側のサブマウント下層部材2bとからなる厚さ方向に少なくとも二層以上の積層構造となっている。例えば、サブマウント上層部材2aは、半導体レーザ素子の主材料であるInP（線膨張係数 $4.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）と線膨張係数が近い窒化アルミニウム（AlN）（線膨張係数 $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、熱伝導率 $170\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ 、 $4\text{mm} \times 2\text{mm} \times$ 厚さ 0.3mm ）である。サブマウント下層部材2bは、熱伝導率がサブマウント上層部材2aよりも大きい銅タンゲステン（Cu20W80）（線膨張係数 $8.3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、熱伝導率 $200\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ 、幅 $4\text{mm} \times$ 長さ $2\text{mm} \times$ 厚さ 1mm ）である。

【0052】

サブマウント上層部材2aとサブマウント下層部材2bは、半田材Bにより半

田接合されている。サブマウント上 2 に半導体レーザ素子 1 0 0 が半田材 A により接合されている。さらに、サブマウント下層部材 2 b は、半田材 C により台座 4 に接合されている。台座 4 は、銅タングステン (Cu20W80) (線膨張係数 $8.3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、熱伝導率 $\text{W} / \text{m}^\circ\text{C}$ 、厚さ 2 mm) である。なお、サブマウントの積層構造とは、少なくとも 0.1 mm 以上の厚さを有する部材を組合せて構成される積層構造を言う。

【0 0 5 3】

ここで、半田材 A, B, C の融点を、それぞれ αA , αB , αC とした場合、 $\alpha B > \alpha A > \alpha C$ の順となっている。例えば、半田材 B は金ゲルマニウム (AuGe) (融点 356°C) であり、半田材 A は金錫 (AuSn) (融点 280°C) であり、半田材 C は錫鉛 (PbSn) (融点 183°C) である。

【0 0 5 4】

次に、図 1 0 を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子をサブマウント及び台座の搭載する第 1 の手順について説明する。

図 1 0 は、本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子をサブマウント及び台座の搭載する第 1 の手順を示す工程図である。

【0 0 5 5】

図 1 0 (A) に示すように、サブマウント上層部材 (AlN) 2 a とサブマウント下層部材 (Cu20W80) 2 b は、半田材 (AuGe) B の融点 356°C 以上に熱せされた後、室温まで冷却されることによって接合され、サブマウント 2 が形成される。さらに、図 1 0 (B) に示すように、サブマウント 2 の上に半導体レーザ素子 1 が、半田材 (AuGe) A の融点 280°C 以上に熱せされた後、冷却されて接合される。さらに、図 1 0 (C) に示すように、半導体レーザ素子 1 を搭載したサブマウント 2 は、半田材 (PbSn) C の融点 183°C 以上に熱せされた後冷却されて接合される。

【0 0 5 6】

本実施形態における半導体モジュールでは、サブマウント 2 が積層構造となっ

ており、特にレーザ素子側のサブマウント上層部材 2 a の線膨張係数がレーザ素子 1 0 0 の線膨張係数に近い（線膨張係数の差が 1×10^{-6} 以下）ので、熱応力が働きにくいものである。また、サブマウント下層部材 2 b の熱伝導率がサブマウント上層部材 2 a より大きいため、熱抵抗が小さく、高発熱のレーザ素子の放熱性に優れている。また、特に、サブマウント上層部材 2 a とサブマウント下層部材 2 b とを接続している半田材 B と、半導体レーザ素子 1 とサブマウント上層部材 2 a とを接合している半田材 A、およびサブマウント下層部材 2 c と台座 4 とを接続している半田材 C との融点の大小関係が、 $\alpha B > \alpha A > \alpha C$ となっている。すなわち、半導体レーザ素子 1 とサブマウント上層部材 2 a、サブマウント下層部材 2 b および台座 4 を接合する順番が、まず、サブマウント上層部材 2 a とサブマウント下層部材 2 b とを接合した後、これに半導体レーザ素子 1 を接合し、さらにこれらと台座 4 を接合するという順番となっている。これにより、半導体レーザ素子に発生する熱応力を大幅に低く抑えることができる。

【0 0 5 7】

ここで、図 1 1 を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子をサブマウント及び台座の搭載する第 2 の手順について説明する。この手順は、図 1 0 に示した手順に対する比較例である。

【0 0 5 8】

図 1 1 は、本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子をサブマウント及び台座の搭載する第 2 の手順を示す工程図である。

【0 0 5 9】

ここで、半田材 A, B, C の融点を αA , αB , αC とすると、 $\alpha C > \alpha A > \alpha B$ の順となっている。そして、図 1 0 (A) に示すように、半導体レーザ素子 1 をサブマウント上層部材 2 a に半田材 A により接合し、別にサブマウント下層部材 2 b と台座 4 を半田材 C により接合する。その後、図 1 0 (B) に示すように、サブマウント上層部材 2 a とサブマウント下層 2 b を半田材 B により接合する。ここで、半田材 A は AuSn であり、半田材 B は PbSn であり、半田材 C は AuGe である。

【0 0 6 0】

次に、図 1 2 を用いて、本実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力について説明する。

図 1 2 は、本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の説明図である。

【0 0 6 1】

図 1 2 (A) は、半導体レーザ素子 1 の光活性層（図示せず）に働く応力とサブマウント厚 T との関係を示している。図 1 2 (A) の縦軸は、半導体レーザ素子 1 の光活性層に働くレーザ素子応力 (MPa) を示している。ここで、負の応力値は圧縮応力を、正の応力値は引張応力を示している。また、図 1 2 (A) の横軸は、サブマウント 2 の厚さ T (μm) を示している。サブマウント厚さ T は、図 1 2 (B) に示すようにサブマウント上層部材 2 a の厚さ T_1 と下層部材 2 b の厚さ T_2 の和である。

【0 0 6 2】

ここで、接合方法 1 とは、図 1 0 で示した順番で、半導体レーザ素子、サブマウントおよび台座を接合する場合を示す。また、接合方法 2 とは、図 1 1 で示した順番で、半導体レーザ素子、サブマウントおよび台座を接合する場合を示す。

【0 0 6 3】

図 1 2 (A) は、有限要素法 (FEM: Finite Element Method) 解析より得られた計算結果である。ここで、半導体レーザ素子 1 の主構成材料は InP であり、厚さは $100 \mu m$ で幅を $400 \mu m$ としている。サブマウント上層部材 2 a は AlN からなり、厚さ T_1 が $300 \mu m$ で幅 W を $1400 \mu m$ としている。サブマウント下層部材 2 b は Cu20W80 からなり、厚さを T_2 としている。台座 4 は Cu20W80 からなり、厚さを $3000 \mu m$ とした場合である。図 1 2 (A) は、レーザ素子の活性層に働く応力のサブマウント上層部材と下層部材の厚さの和 $T_1 + T_2$ の依存性、すなわちサブマウントの厚さ依存性を示したものである。

【0 0 6 4】

図 1 2 (A) に示すように、接合方法 1 では、接合方法 2 に比べ半導体レーザ素子に働く応力を低減できる。特に、サブマウントの厚さ ($T_1 + T_2$) を 75

0 μ mとすることで、半導体レーザ素子にほとんど応力が働かないようにすることが可能である。同様にして、サブマウント上層部材Wの幅が異なる場合においても、サブマウントを積層として半田材の融点の関係を接合方法1とすることで、応力を低減するサブマウント上層部材および下層部材の厚さT1とT2を決めることができる。

【0065】

以上の用に、本実施形態においては、半導体レーザモジュールは、半導体レーザ素子を搭載するサブマウントを半導体レーザ素子の線膨張係数に近い部材と熱伝導率が高い部材との積層構造とし、寸法、構成を適正化することで、半導体レーザ素子に働く応力発生を抑制することができ、素子劣化を防止することができる。これにより、実装時の素子発生応力を低減することができ、電流閾値変動やキンク等の不良を防止し、素子の高歩留まり化を実現した半導体レーザ素子及び半導体レーザモジュールを得ることができる。

【0066】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、応力を十分に低減でき、歩留まりを向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態による半導体レーザモジュールの構造を示す要部上面図である。

【図2】

本発明の第1の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子1のサブマウント2及び台座4への搭載状態を示す斜視図である。

【図3】

本発明の第1の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子1の光活性層に働く応力の説明図である。

【図4】

本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の説明図である。

【図 5】

本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける応力と不良率との関係の説明図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の台座の材質による相違の説明図である。

【図 7】

本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の台座の材質による相違の説明図である。

【図 8】

本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の台座の材質による相違の説明図である。

【図 9】

本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザモジュールの構造を示す斜視図である。

【図 1 0】

本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子をサブマウント及び台座の搭載する第 1 の手順を示す工程図である。

【図 1 1】

本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子をサブマウント及び台座の搭載する第 2 の手順を示す工程図である。

【図 1 2】

本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザモジュールにおける半導体レーザ素子 1 の光活性層に働く応力の説明図である。

【符号の説明】

1 …半導体レーザ素子

2…サブマウント

2 a…サブマウント上層部材

2 b…サブマウント下層部材

3…半田材

4…台座

1 0 0…半導体レーザモジュール

1 0 1…パッケージ本体

1 0 2…蓋体

1 0 3…パッケージ

1 0 4…光ケーブル

1 0 5…電極端子

1 0 6…ガイドパイプ

1 0 7…アイソレータ

6…レンズ

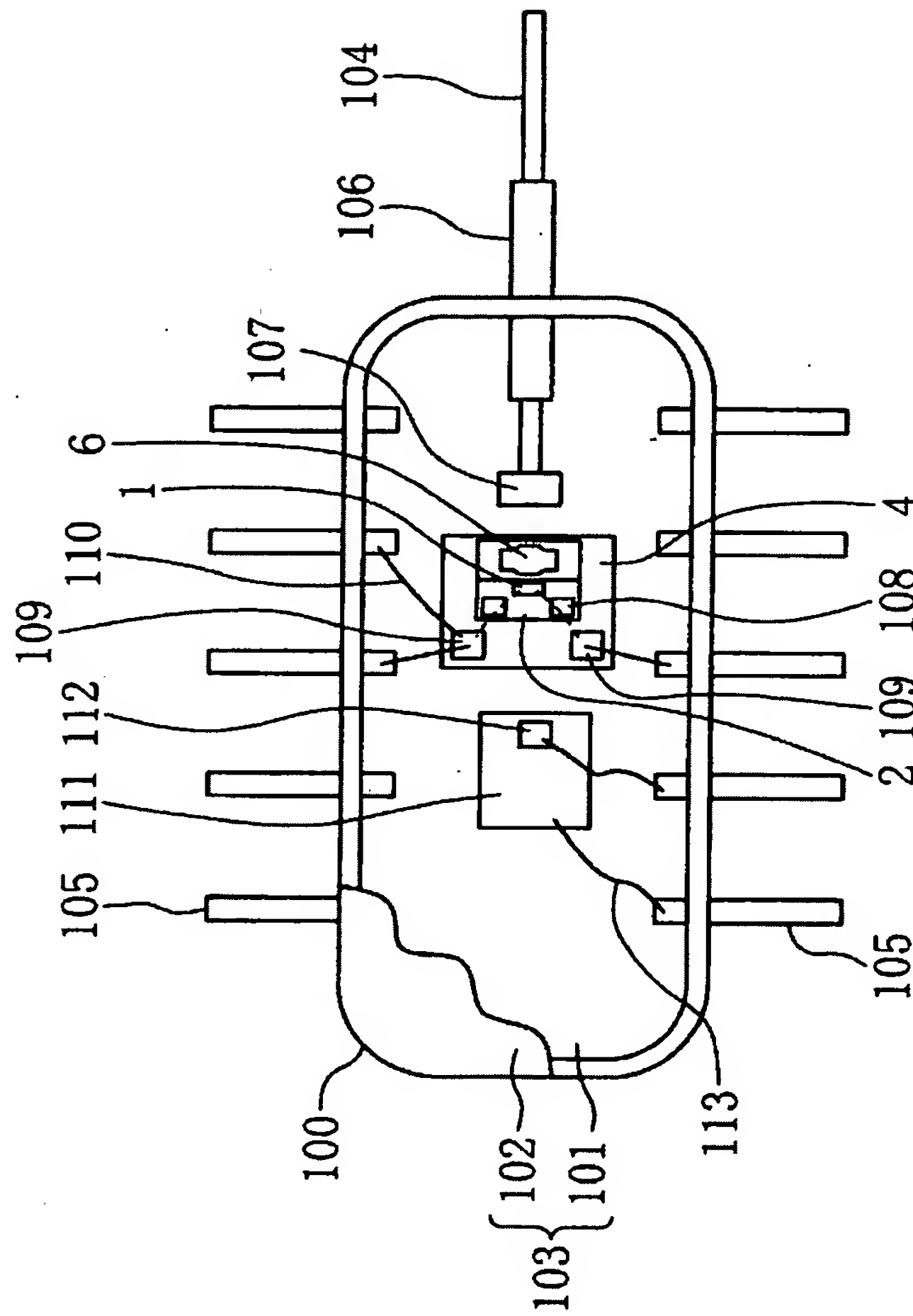
1 0 3, 1 1 0…ワイヤ

1 0 9…電極パッド

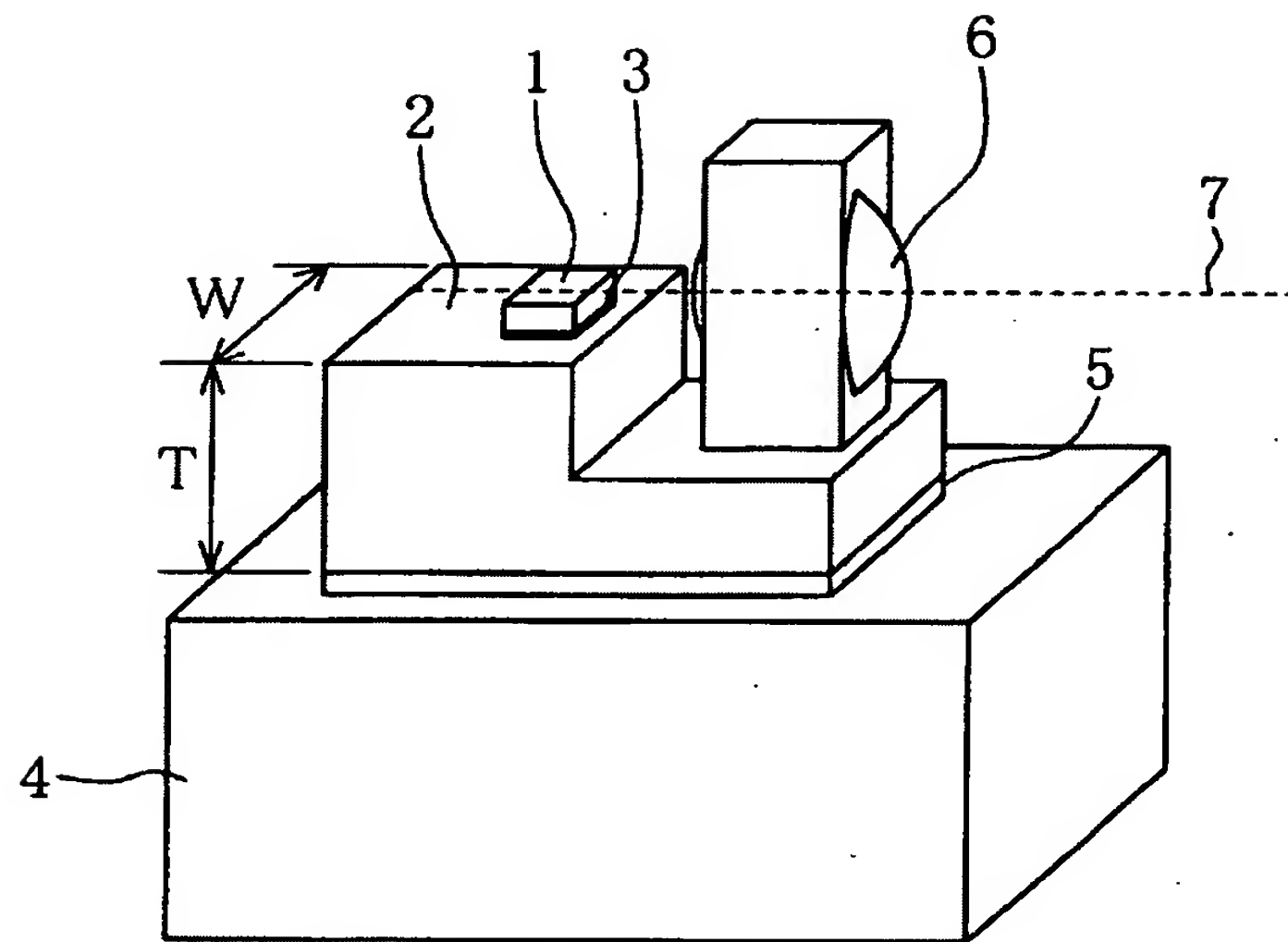
【書類名】

図面

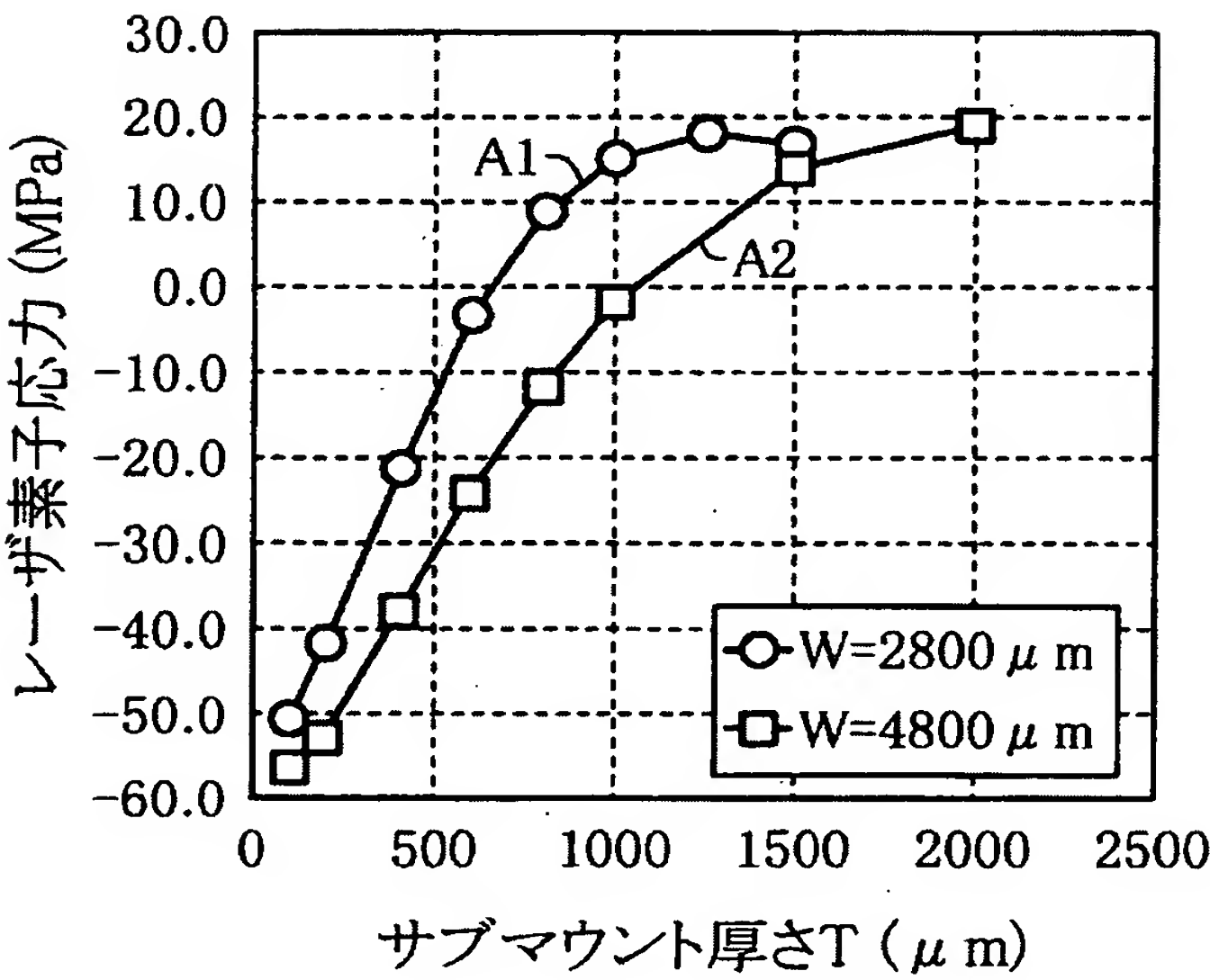
【図 1】



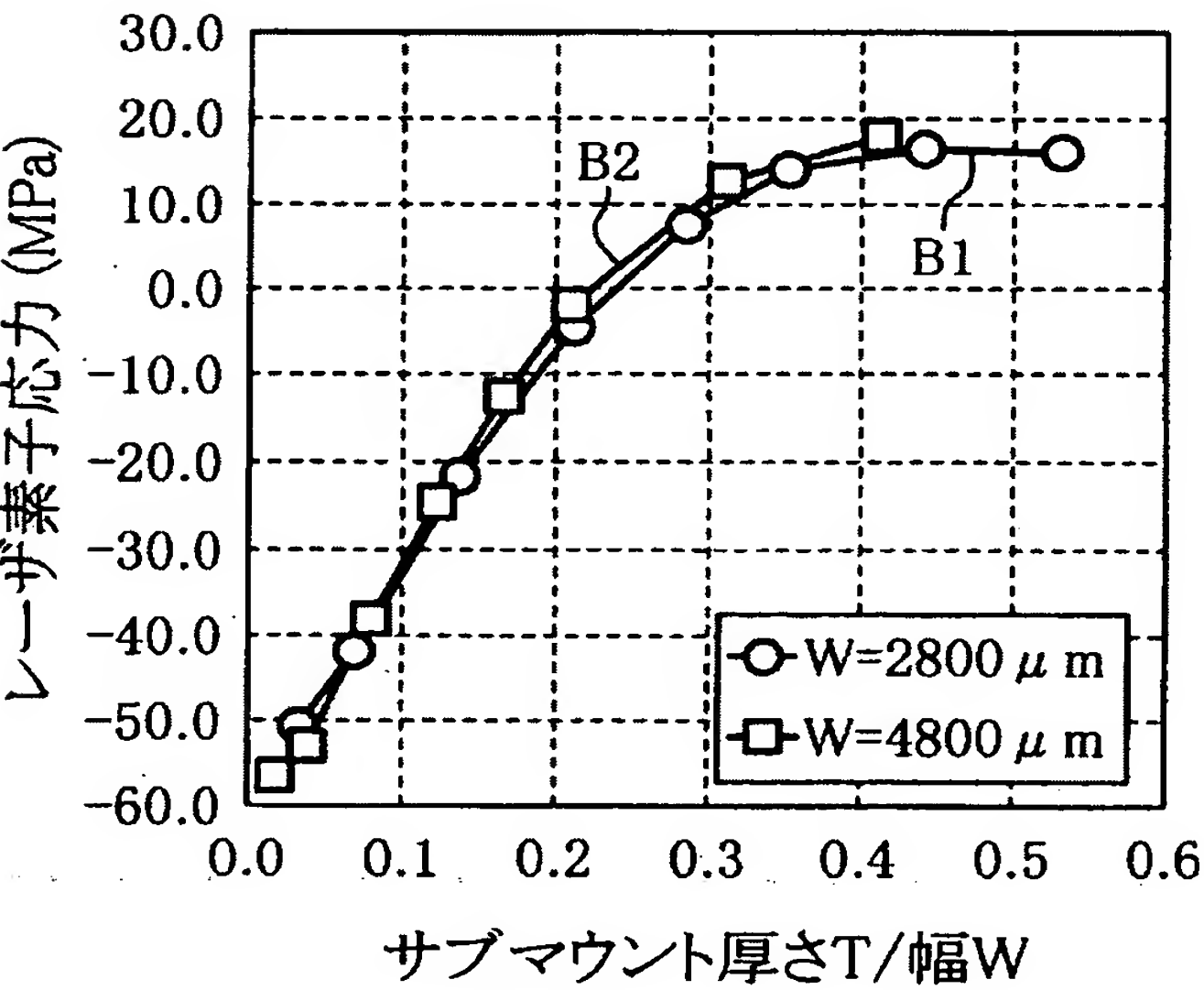
【図 2】



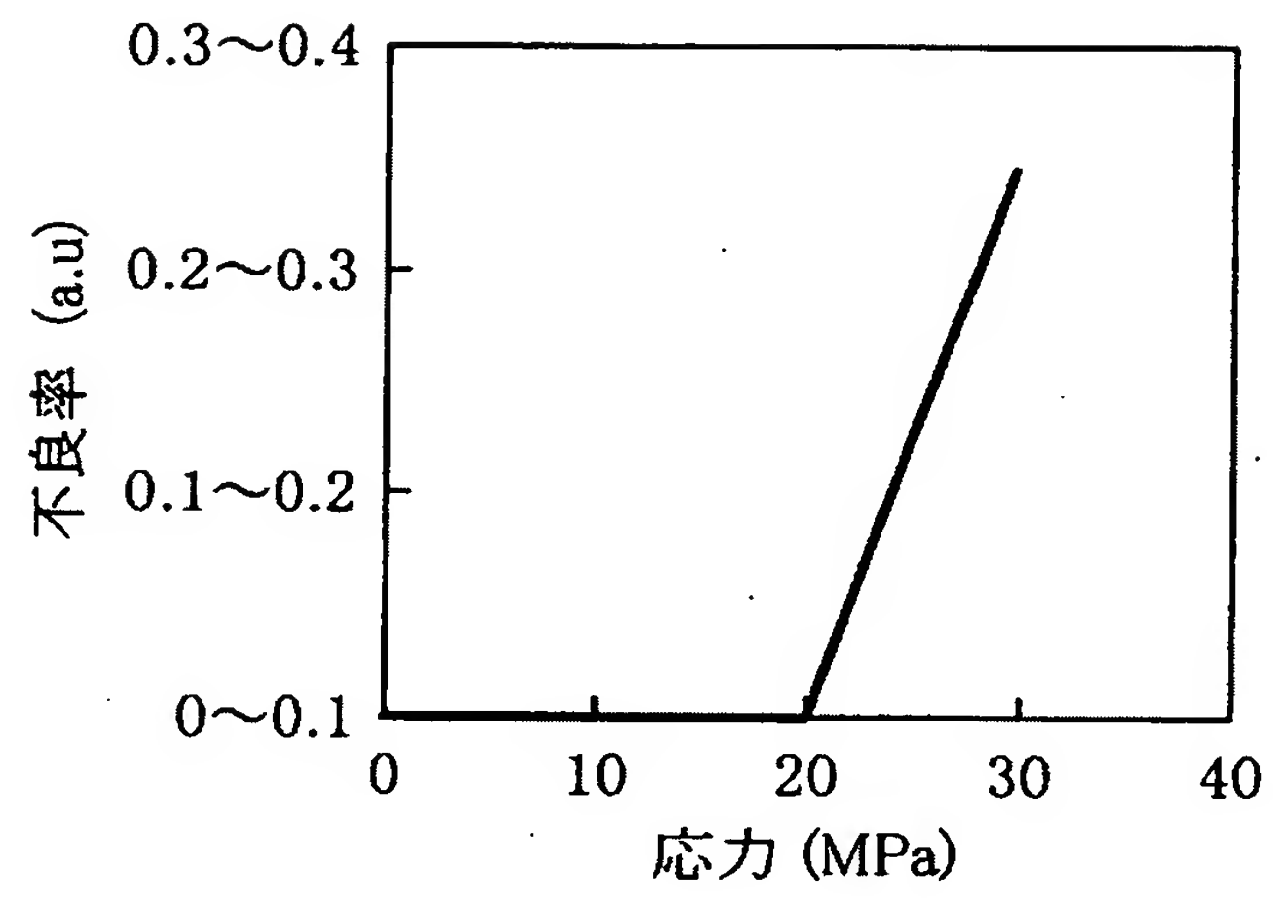
【図 3】



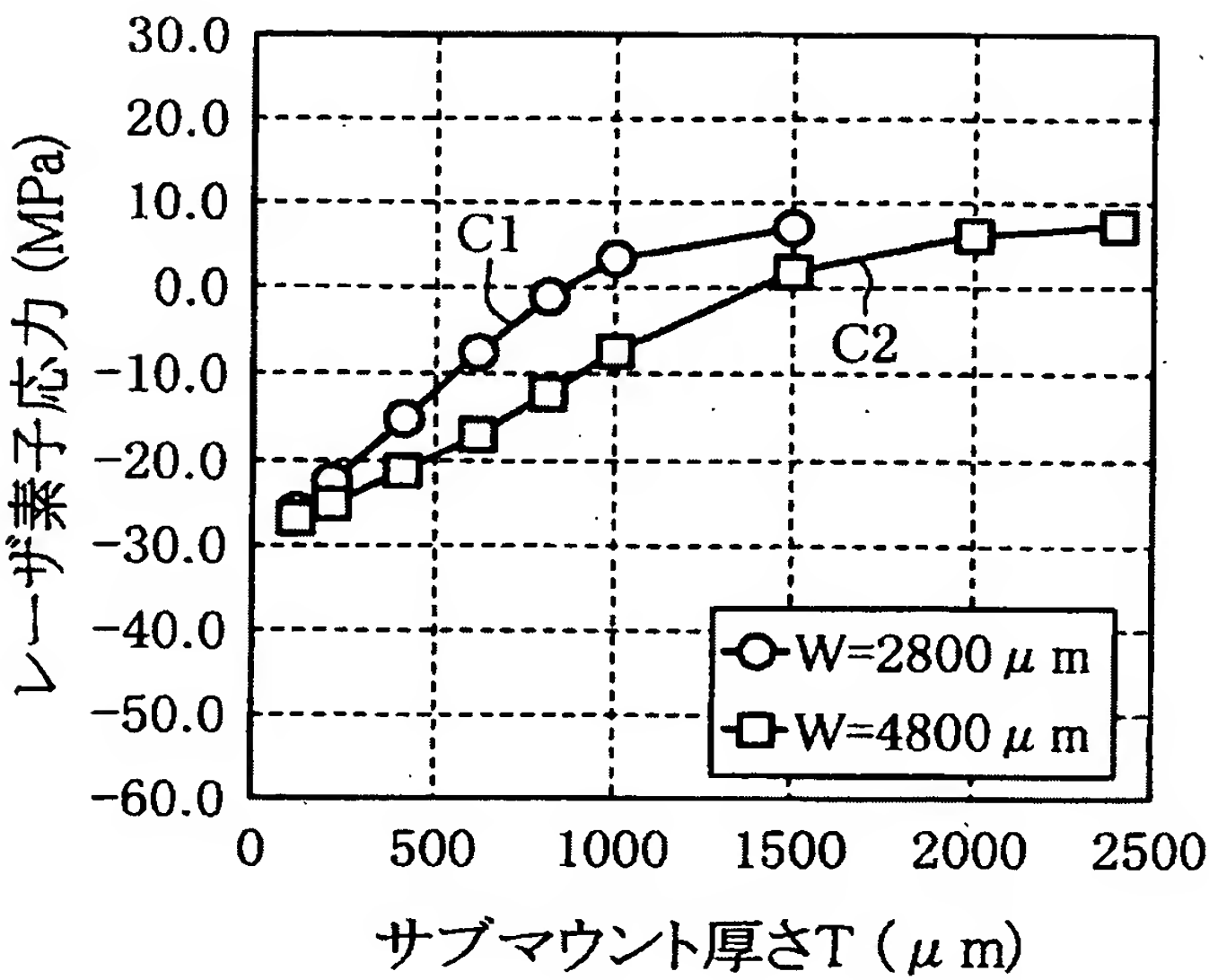
【図 4】



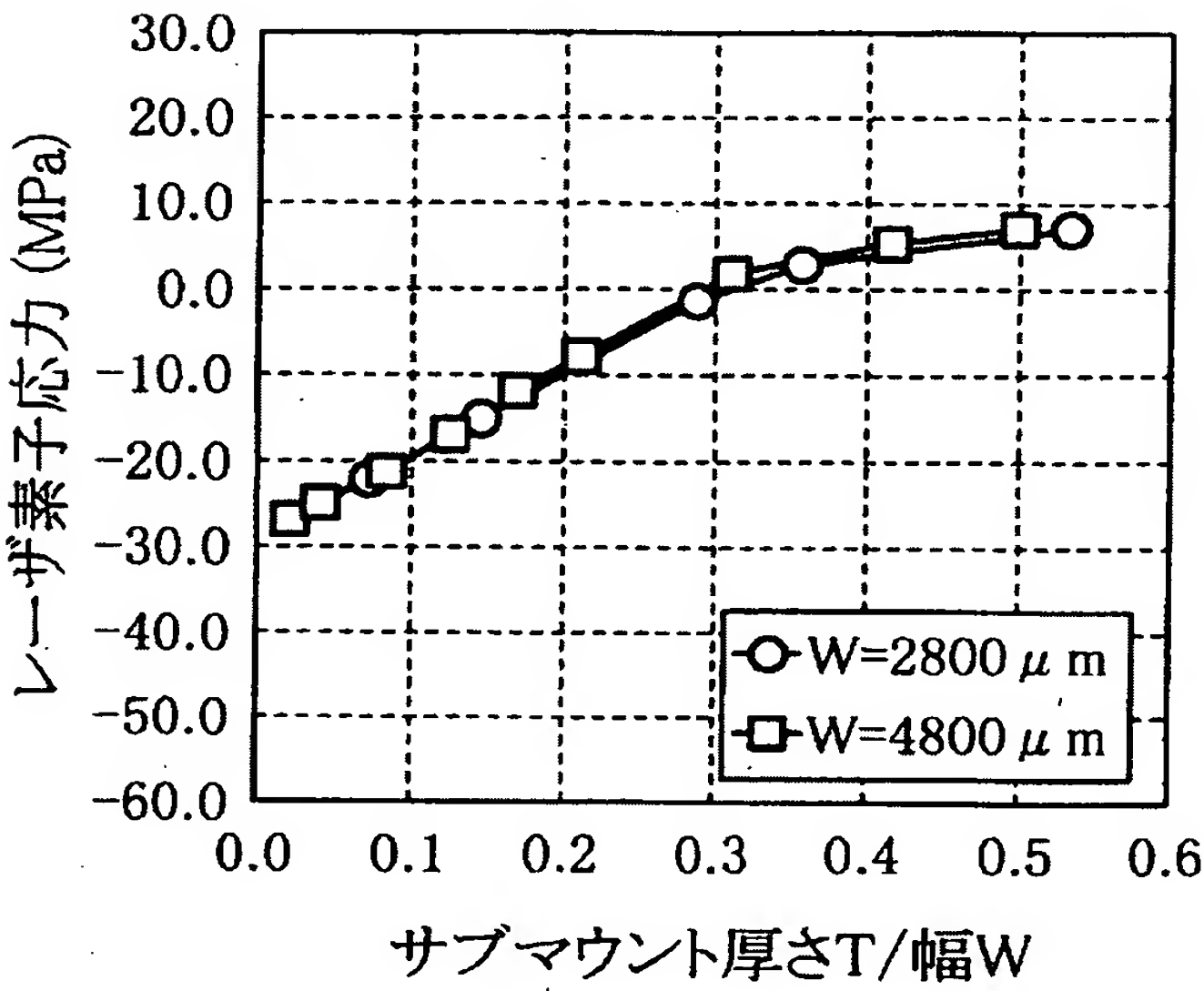
【図 5】



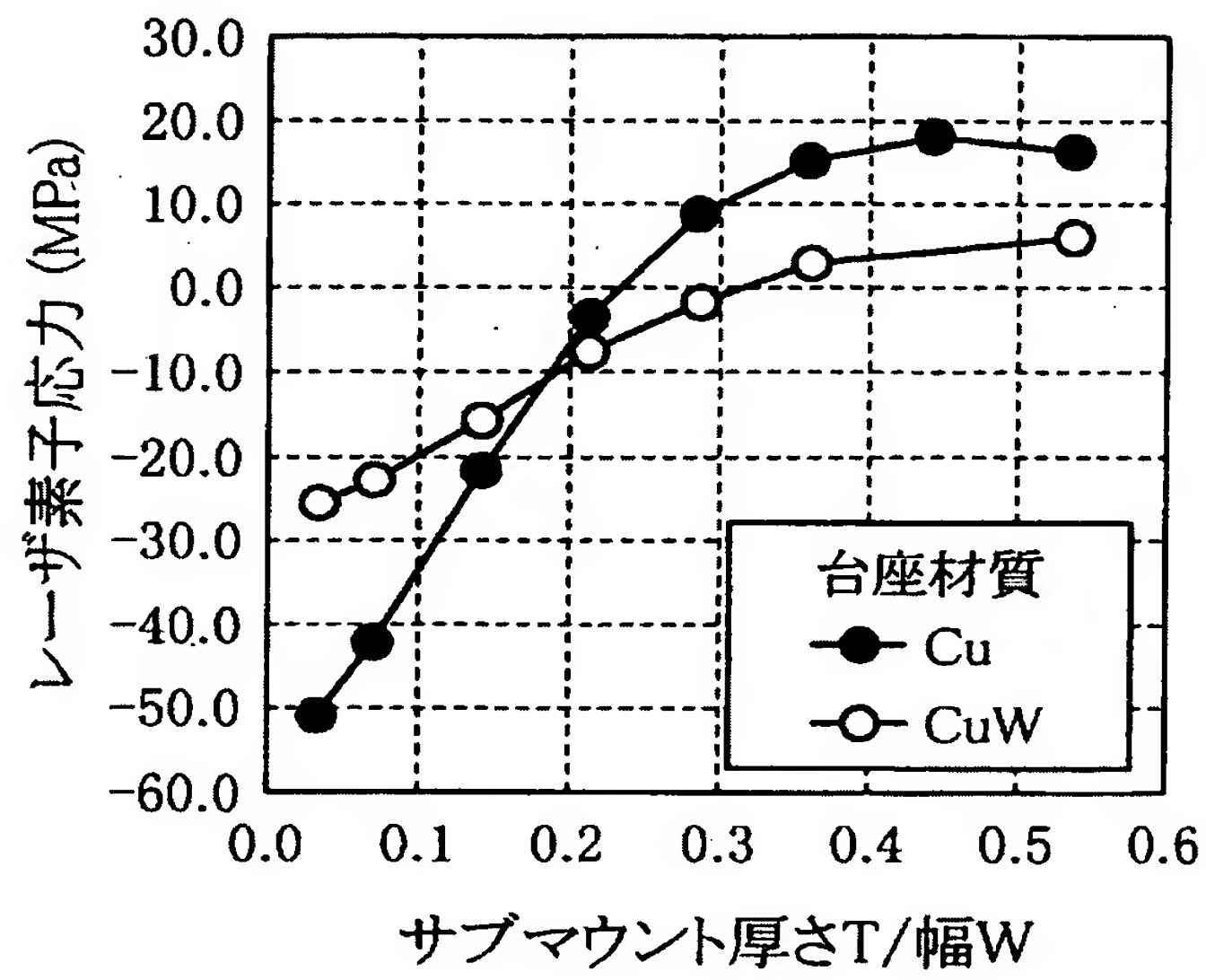
【図 6】



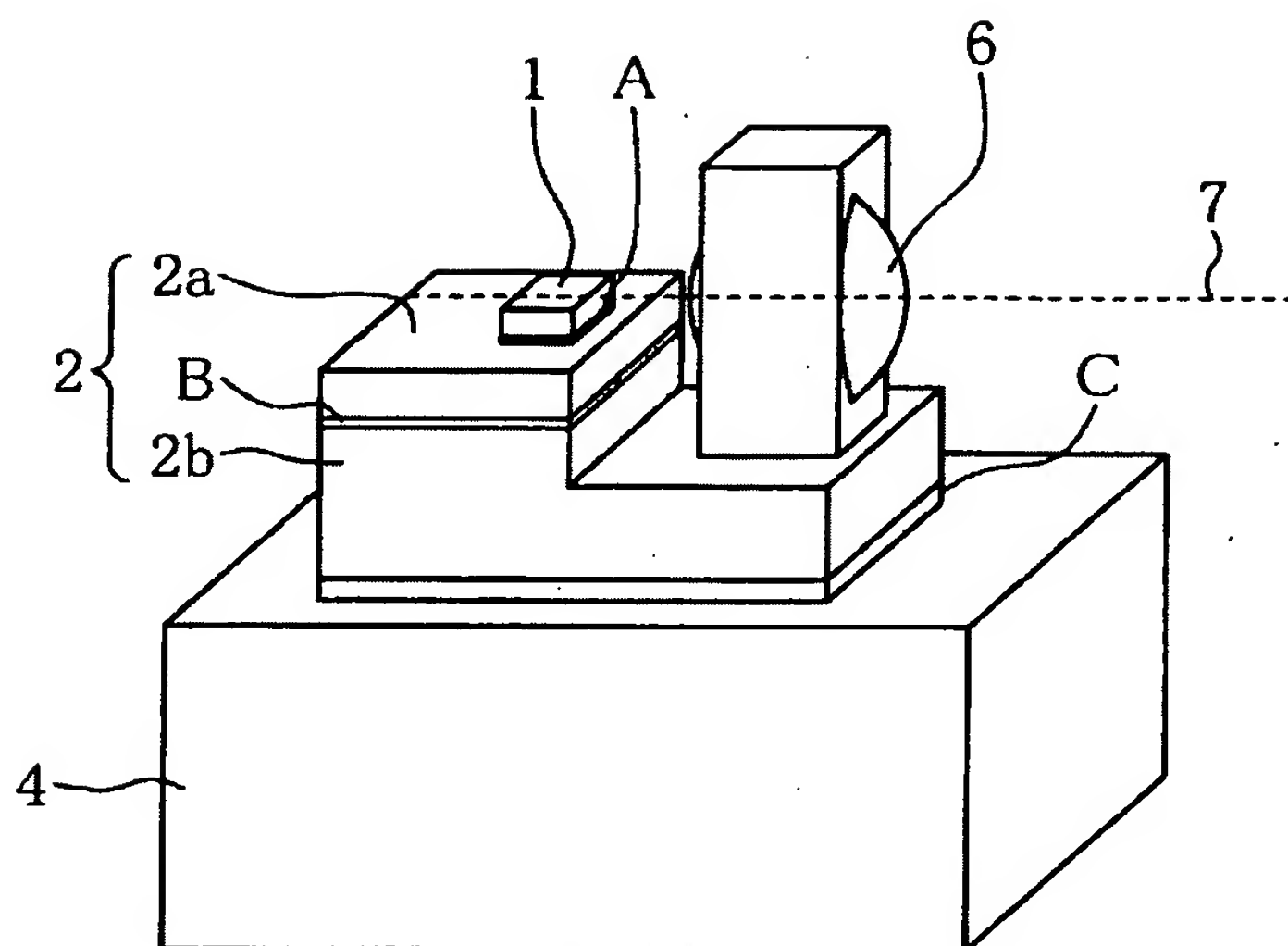
【図 7】



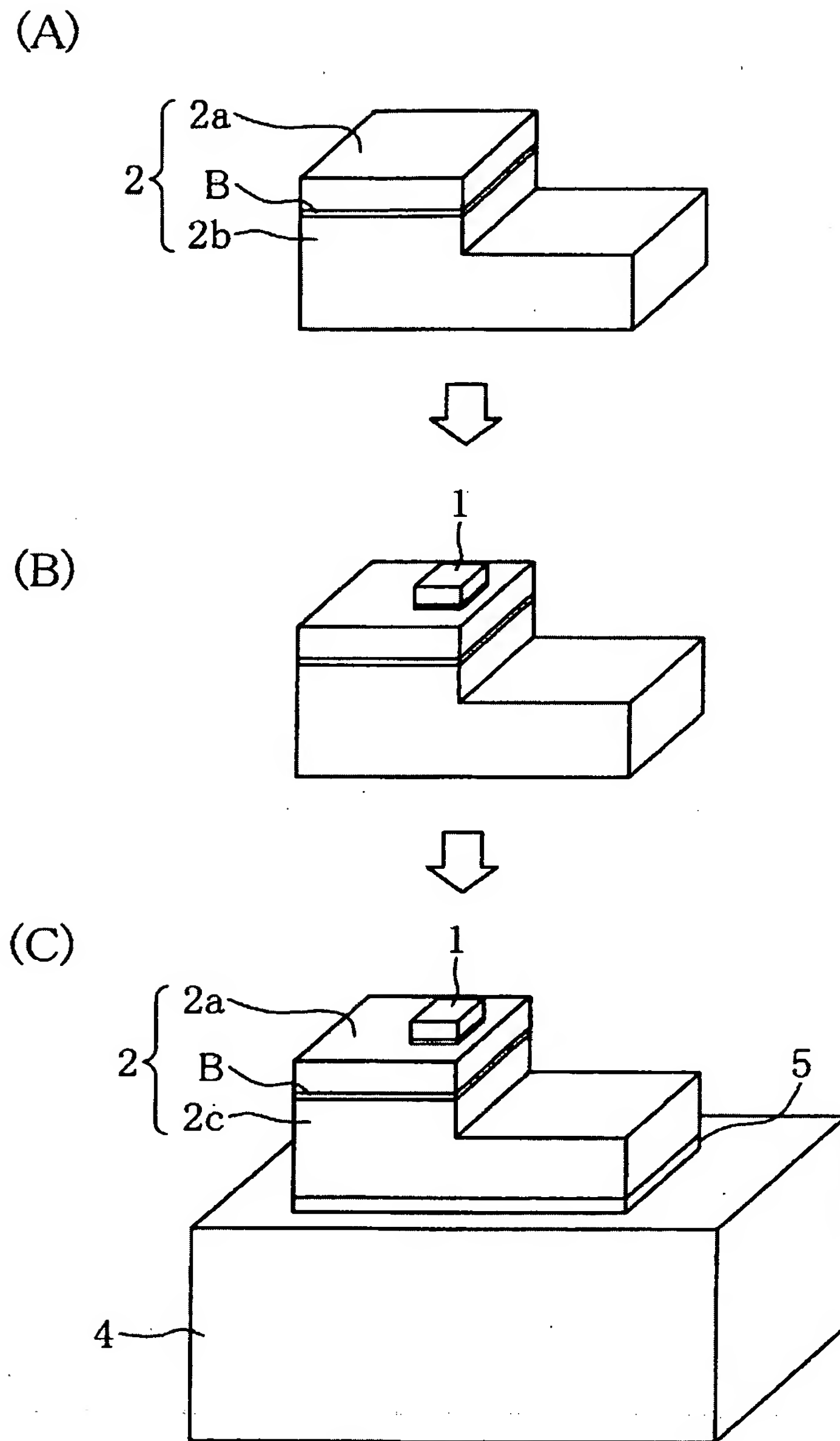
【図 8】



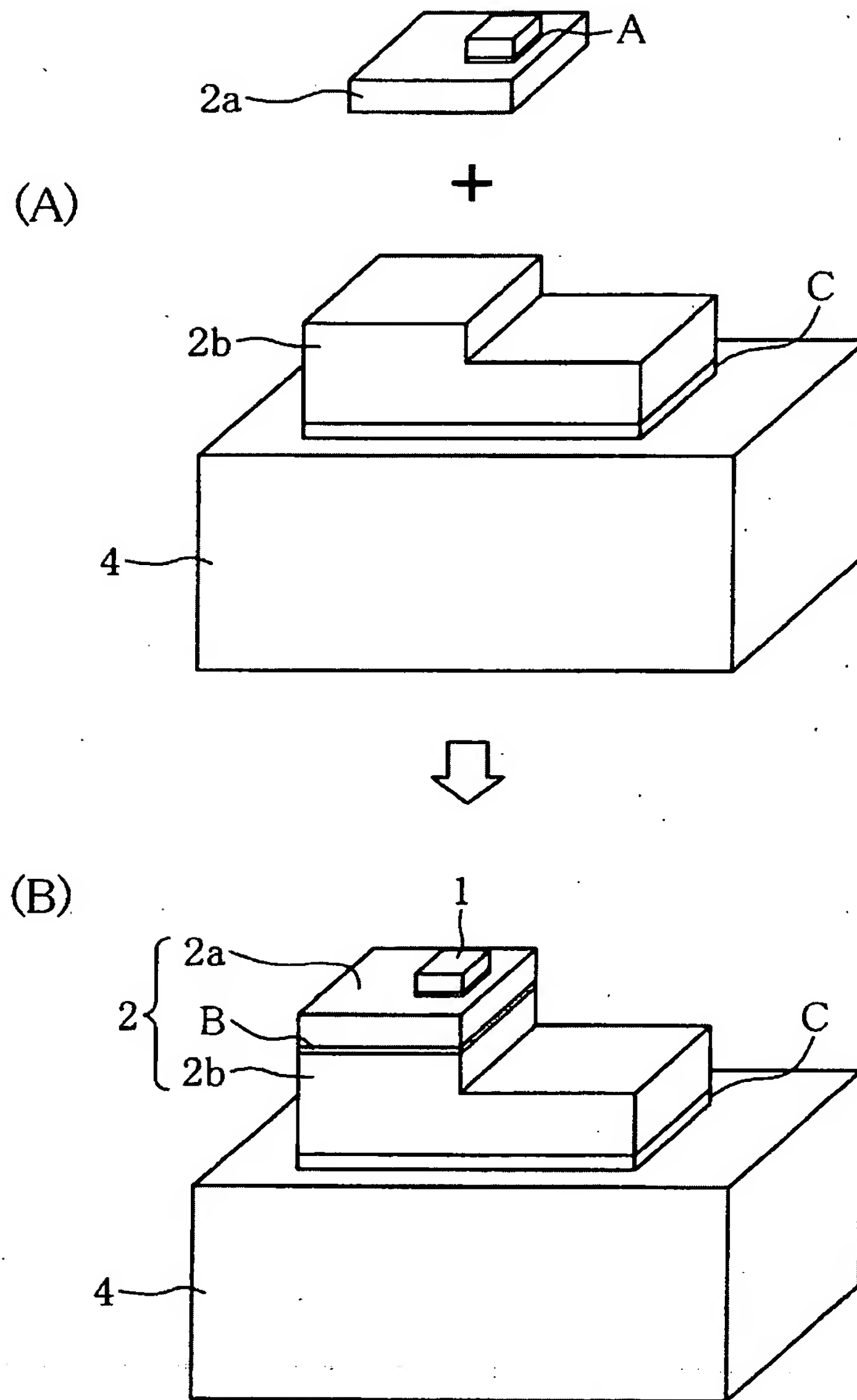
【図 9】



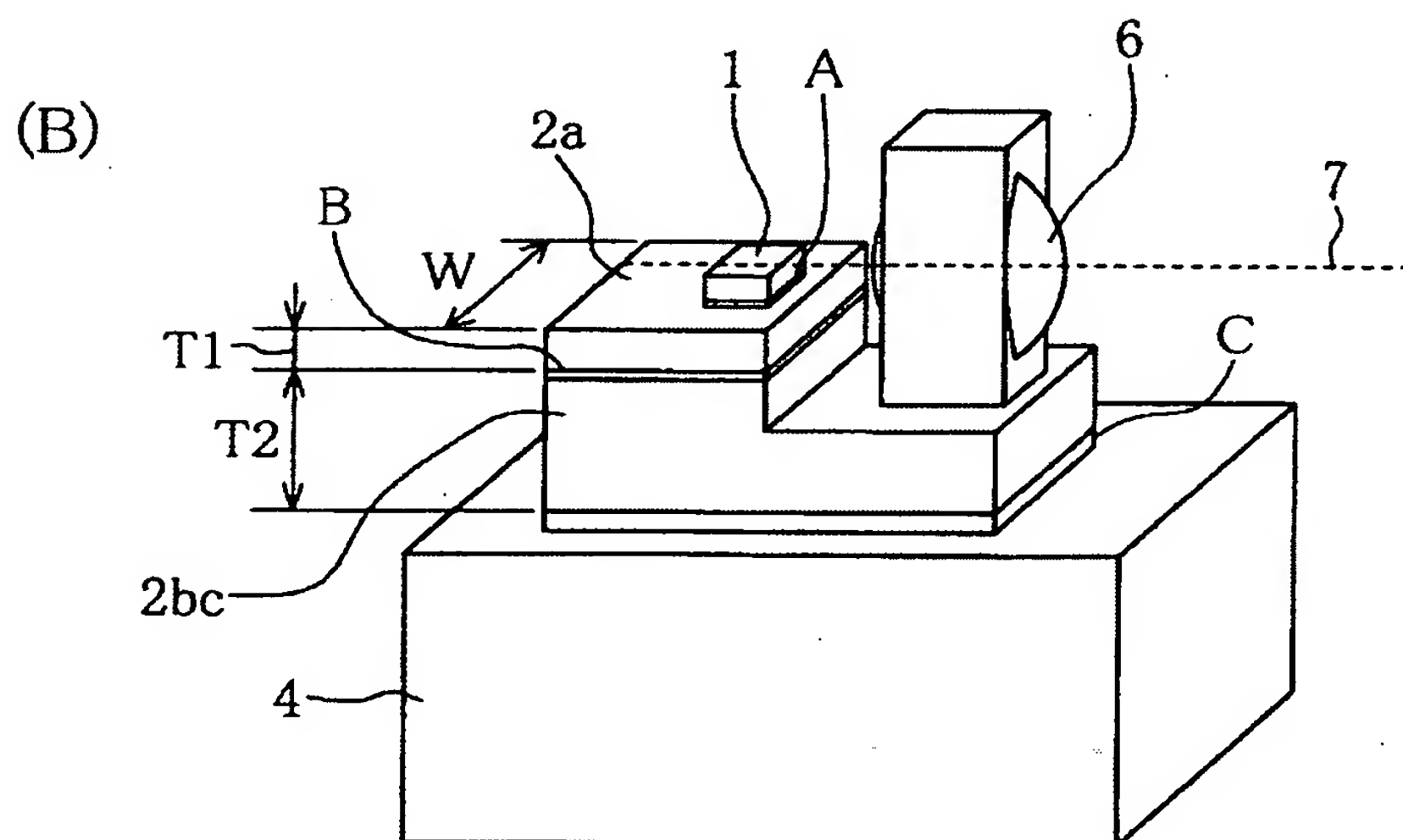
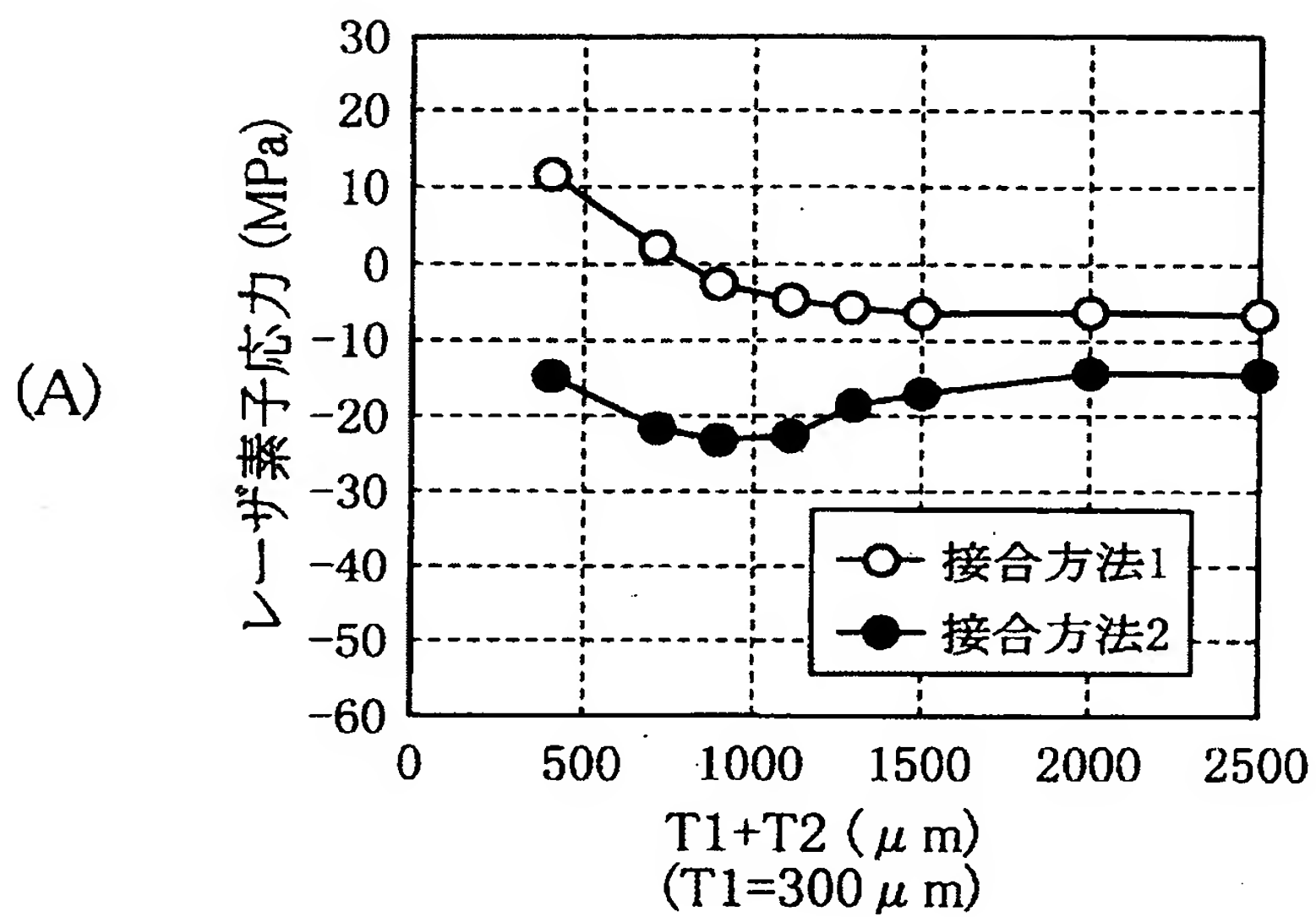
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書**【要約】****【課題】**

応力を十分に低減でき、歩留まりの向上した半導体レーザモジュールを提供することにある。

【解決手段】

半導体レーザ素子 1 と、半導体レーザ素子 1 を半田材 3 を介して接合して搭載するサブマウント 2 と、サブマウント 2 を半田材 5 を介して接合して搭載する台座 4 とを有する。ここで、半導体レーザ素子 1 の光軸方向に垂直な方向におけるサブマウント 2 の幅を W とし、サブマウント 2 の厚さを T とするとき、 $T/W \geq 0.15$ としている。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

| | |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 3 - 1 4 1 6 1 7 |
| 受付番号 | 5 0 3 0 0 8 3 3 4 7 6 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第二担当上席 0 0 9 1 |
| 作成日 | 平成 1 5 年 5 月 2 1 日 |

<認定情報・付加情報>

| | |
|-------|-------------|
| 【提出日】 | 平成15年 5月20日 |
|-------|-------------|

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 4 1 6 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所

特願 2 0 0 3 - 1 4 1 6 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 1 0 0 5 3 7 1]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 3 月 1 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町 2 1 6 番地

氏 名

日本オブネクスト株式会社